

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**

**Řešení pískového hospodářství**

**v dopravní organizaci**

**Analysis of Sand Management**

**in Transport Company**

Student:

Zuzana Fričerová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Petr ŠKAPA, CSc.

Šumperk 2009

**Prohlášení studenta:**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Šumperku 22. května 2009

.....

podpis studenta

**Prohlášení studenta:**

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce jsem se rozhodla napsat bakalářskou práci obecně. Na uvedené dopravní podniky se nevztahují žádná práva ani povinnosti.

V Šumperku 22. května 2009

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití školního díla a §60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí, a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.

- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Šumperku 22. května 2009

.....

Plné jméno studenta

Zuzana Fričerová

Lukavice 25

Zábřeh 789 01

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

FRIČEROVÁ Z.

Řešení pískového hospodářství v dopravní organizaci  
Ostrava: Institut dopravy,  
Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009,  
Bakalářská práce (45 s.), vedoucí: doc. Ing. Petr Škapa, CSc.

Bakalářská práce je zaměřena na stávající problematiku a modernizaci pískového hospodářství v dopravní organizaci. V úvodu jsou popsány okolnosti, za kterých se křemičitý písek u všech typů kolejových vozidel používá. Dále je zde nastíněn způsob, jakým se křemičitý písek v současné době v dopravních organizacích připravuje. Na základě analýzy přípravy se bakalářská práce zabývá její modernizací. Práce obsahuje ekonomické zhodnocení, podle něhož je navržen způsob snížení nákladů na již zmiňovanou modernizaci. Závěrem je shrnutí a vyhodnocení celého návrhu pískového hospodářství.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

FRIČEROVÁ Z.

Analysis of Sand Management in Transport Company  
Ostrava: Institut of Transport  
Faculty of Mechanical Engineering VŠB  
– Technical University of Ostrava, 2009,  
Bachelor Thesis (45 p.), head: Škapa, Petr

This Bachelor thesis focus on present problems of sand management and its modernizing in transport company. There will be described the situation with silica sand used by all kinds of rail vehicles. Next, I will sketch the way how silica sand is prepared in transport company nowadays. On the basis of analysis of preparation of silica sand, the bachelor thesis will deal with its modernization. This thesis includes economic estimation which serves as a basis for a design of decreasing expenses of the mentioned modernizing. Last, there is resume and evaluation of the whole sand management project.

## OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Seznam použitých zkratek a symbolů.....	8
ÚVOD.....	9
1. POŽADAVKY NA PARAMETRY KŘEMIČITÉHO PÍSKU.....	10
1.1 Důvody používání písku pro hnací vozidla.....	10
1.2 Požadavky na parametry suchého křemičitého písku.....	10
1.3 Parametry vlhkého křemičitého písku.....	11
2. ANALÝZA SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ PÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ V DOPRAVNÍ ORGANIZACI .....	13
2.1 Analýza současného řešení.....	13
2.2 Analýza současného trendu.....	17
2.3 Rozvoj suchého křemičitého písku na jednotlivá pracoviště.....	18
2.4 Silné a slabé stránky stávajícího způsobu řešení pískového hospodářství a srovnání se současným trendem řešení této problematiky.....	19
3. NÁVRH NA ŘEŠENÍ PÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ S MINIMALIZACÍ NÁKLADŮ NA ZÍSKÁNÍ SUCHÉHO PÍSKU A SE ZVÝŠENOU OCHRANOU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ PŘI NAKLÁDÁNÍ S PÍSKEM.....	21
3.1 Návrh řešení na minimalizaci energetické náročnosti při nakládání s pískem.....	21
3.2 Návrh na snížení prašnosti při nakládání se suchým křemičitým pískem.....	23
3.3 Návrh na snížení nákladů na modernizaci pískového hospodářství.....	28
4. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ NÁVRHU MODERNIZACE PÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ.....	30
ZÁVĚR.....	32
SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ.....	33

## PŘÍLOHY

Obr. č. 1: Pneumatický komorový podavač PKRH 1

Obr. č. 2: Zásobník Z3

Obr. č. 3: Zásobní silo SOKV Ostrava

Obr. č. 4: Pískovací stanice SOKV Ostrava

Obr. č. 5: Pískovací hadice s pistolemi SOKV Ostrava

Obr. č. 6: Řídicí část včetně slaboproudé elektroinstalace SOKV  
Ostrava

Obr. č. 7: Průmyslový odsavač POC SOKV Ostrava

Obr. č. 8: Vyprazdňovací pytel Big bag firmy KLEIN Anlagenbau  
AG

Obr. č. 9: Výkres mobilního plnicího zařízení typ 100

Obr. č. 10: Výkres mobilního plnicího zařízení typ 200 s mravencem

Obr. č. 11: Výkres mobilního plnicího zařízení typ 200E

Obr. č. 12: Výkres mobilního plnicího zařízení typ 200 - 4

Obr. č. 13: Výkres mobilního plnicího zařízení typ Sherpa

## Seznam použitých zkratk a symbolů

<b>AFS</b>	<b>velikost částic</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Oxid siřičitý</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Oxid železitý</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Oxid hlinitý</b>
<b>DKV</b>	<b>Depo kolejových vozidel</b>
<b>PJ</b>	<b>Provozní jednotka</b>
<b>PP</b>	<b>Provozní pracoviště</b>
<b>DPMO</b>	<b>Dopravní podnik města Olomouce</b>
<b>Relativnost</b>	<b>vzájemný vztah částic</b>
<b>Zásaditost (alkalita)</b>	<b>Obsah hydroxidů, uhličitánů a dalších solí silných alkalických kovů a kovů alkalických zemin se slabými kyselinami [mmol/l]</b>
<b>Koncentrace</b>	<b>poměr sledované látky k celkovému množství roz- toku nebo směsi [mmol/l]</b>
<b>Emise</b>	<b>uvolňování polutantů do ovzduší při nedokonalém spalování</b>



## ÚVOD

Pískování hnacích kolejových vozidel je v současné době velmi sledovanou záležitostí. Jako příklad špatné činnosti pískovacího zařízení bych mohla uvést tragickou nehodu v železniční stanici Moravany, která se stala v květnu roku 2008. Následným vyšetřováním bylo zjištěno, že příčina nehody spočívala v poruše kaskádního ventilu pískovacího zařízení. Na druhou stranu ale bylo zjištěno, že použitý písek neodpovídal požadavkům, které jsou kladeny provozovatelem hnacího vozidla.

Stálou kontrolou kvality použitého křemičitého písku a pravidelnou prohlídkou pískovacích zařízení na hnacích vozidlech by se takovýmto situacím mělo předcházet nebo lépe úplně zabránit. To, že technický stav pískovacích zařízení a písečníků u hnacích kolejových vozidel neodpovídá požadavkům a předpisům (např. ČD V2 Předpis pro lokomotivní čety), je nutno zvážit, a bude třeba navrhnout a přijmout opatření k zamezení takto způsobených nehod.

Cílem bakalářské práce je analyzovat současné řešení pískového hospodářství v dopravních organizacích a navrhnout řešení pískového hospodářství s minimalizací nákladů na získání suchého písku a zvýšenou ochranou životního prostředí při nakládání s pískem v dopravní organizaci.

## 1. POŽADAVKY NA PARAMETRY KŘEMIČITÉHO PÍSKU

### 1.1 Důvody používání písku pro hnací vozidla

Křemičitý písek pro hnací vozidla se využívá pro zvýšení součinitele adheze v nepříznivých podmínkách (rozjezd vlaku, vlhká nebo znečištěná kolej). Jeho nejdůležitějším úkolem je však brzdění hnacích vozidel.

Písek používaný ke zbrojení hnacích vozidel je přírodní nebo upravený.

### 1.2 Požadavky na parametry suchého písku

Suchý křemičitý písek musí mít zrnitost 0,8 – 3 mm s minimálním obsahem prachových částic. Jeho další požadované vlastnosti jsou následující:

- Zrnitost
- Tvrdost
- Ostrohrannost
- Požadovaný obsah oxidu křemičitého

Podíl oxidu křemičitého (min. 95 %) a požadovaná vlhkost po vysušení 0,5 %. [Škapa, 2004, s.13]

	Zrnění v mm			
	menší než 0,5	0,5 - 1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 4,0 a více
složení v %	max. 10	min. 80	nevymezeno	0,1

Tato tabulka byla použita z [Škapa, 2004, s.13]

Největším dodavatelem mokrého písku je společnost „Provodínské písky a.s.“ se sídlem v Provodíně. Zde se křemenný písek těží již od roku 1913. Po několika změnách názvu firmy je od roku 1992 členem skupiny Quarzwerke GmbH. V současné době nabízí vysoce kvalitní písek pro odběratele do slévárenského, sklářského nebo stavebního průmyslu.

Provodínské slévárenské písky jsou tříděním upravené a standardizované výrobky. Pro zbrojení hnacích vozidel se používá Provodínský slévárenský křemenný písek, který se do DKV dodává mokrá, s označením PR 30.

Objevil se i názor, že tento křemičitý písek není pro drážní hnací vozidla kvůli své hrubosti vhodný. Vhodnějším typem se zdá být křemičitý písek

s typovým označením PR 30/31 (jeho průměr zrn je  $D_{50} = 0,56$  mm). Ovšem srovnávání není náplní bakalářské práce, proto se budu zabývat typem PR 30.

### 1.3. Parametry vlhkého křemičitého písku

Výše uvedený písek se vyznačuje těmito vlastnostmi (podrobné rozdělení):

– Zrnitostní rozdělení (hodnoty jsou uvedeny v hmotnostních %)

označení		PR 30
AFS		17
$D_{50}$	[mm]	0,82
$D_{75/25}$	[mm]	59

Zrnitostní rozsah [mm] 0,3 – 1,6

třída zrnitosti [mm]	Podíl hmotnost- ních %
> 2	0,5
2 - 1,4	5,5
1,4 - 1	24
1 - 0,71	33
0,71 - 0,5	27
0,5 - 0,355	9
0,355 - 0,25	1
0,25 - 0,125	
0,125 - 0,063	
< 0,063	

Určeno pro křemenný písek PR 30.

– Chemické a fyzikální vlastnosti (typické vlastnosti):

SiO <sub>2</sub>	[%]	99,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[%]	0,030
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[%]	0,300
Vyplavitelné látky	[%]	0,15
Ztráty žíháním (1100°C)	[%]	0,3
Spékavost	[°C]	>1500
Vlhkost (vlhký / sušený)	[%]	6 / 0,2
Relativnost písku s alkáliemi (ČSN 72 11 79)		
- stanovení úbytku zásaditosti	[mmol/l]	38,56
- stanovení koncentrace SiO <sub>2</sub>	[mmol/l]	8,91

Vlhkost u nesusušených písků je do 8 %, u sušených do 0,2 %.

Uvedené tabulky jsou převzaty z URL: <<http://www.pisky.cz/index1.htm>>

[cit. 2009-03-05]

## 2. ANALÝZA SOUČASNÉHO ŘEŠENÍ PÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

Analýzou současného řešení chci vysvětlit důvody, které by měly vést k modernizaci pískového hospodářství, tím i ke zvýšené ochraně životního prostředí a snížení provozních nákladů při uskladnění písku. Prvním krokem k modernizaci je pochopení náročnosti stavby sušicího zařízení (sušící pece), dále hygienické předpisy, bezpečnost práce a ostatní provozní předpisy, které jsou potřebné pro provoz sušicího zařízení.

### 2.1 Analýza současného řešení

Současné řešení pískového hospodářství spočívá v tom, že dopravní podniky si brzdny písek suší samy.

Sušárna písku je z technického hlediska náročná stavba. Kapacita sušárny se řídí roční spotřebou písku. Zásobovat by měla i jiné odběratele písku (např. DPMO je zásobován pískem pro tramvaje z DKV Olomouc, přičemž roční spotřeba DPMO činí asi 15 t. Navrátil. J.: *Osobní sdělení*. DKV Olomouc, Olomouc. [cit. 2009-02-19]). „V našem případě je roční spotřeba písku přibližně 120 t.“ Navrátil. J.: *Osobní sdělení*. DKV Olomouc, Olomouc. [cit. 2009-02-19]

Do dopravní organizace (DKV) se dováží písek vlhký, následně se suší, a přepravuje do okolních vzdálených provozních jednotek (PJ Olomouc) a provozních pracovišť (PP Lipová Lázně, PP Šumperk, PP Prostějov, PP Krnov a PP Opava).

Některé požadavky na sušící zařízení jsem již uvedla. V této kapitole se budu zabývat skladbou sušárny písku, rozdělením typů pecí a hlavně popisem komponentů sušicího zařízení.

Objekt sušárny písku se skládá:

- ze skládky vlhkého písku a z úložiště odpadu,
- z vlastní sušárny písku,
- ze zásobníků suchého písku.

### 2.1.1. Skládka vlhkého písku

Vlhký písek se do DKV dopravuje po koleji, která je použita i pro nakládání odpadu, který vzniká při sušení písku. Vykládka vlhkého písku a jeho další manipulace se provádí zvedacím zařízením s drapákem.

Kapacita skládky by měla být asi 300 m<sup>3</sup>. Skládka musí být zastřešená a musí mít odnímatelnou část střechy pro plnění pískem. Písek bude volně vysychat a v zimě bude chráněn před zamrznutím.

### 2.1.2 Úložiště odpadu

Při sušení vlhkého písku vzniká odpad. Je tvořen zrny písku, kamínky a prachem. Odpad se ukládá do kontejneru. Při manipulaci a skladování prachu z křemičitého písku je nutné zabránit jeho emisím do okolí (prach je karcinogen).

### 2.1.3 Vlastní sušárna písku

Používají se různé typy pecí (nejčastěji vertikální sušicí pec a pec bubnová).

Sušárna se skládá z :

- ze spalovací komory
- z vlastní sušicí pece
- z pneumatického komorového podavače

Spalovací komora se používá k vytvoření sušicího media (horkého vzduchu).

K sušení písku se používá několik druhů sušících pecí. Jejich způsob sušení je stejný (horký vzduch působí na sušený křemičitý písek).

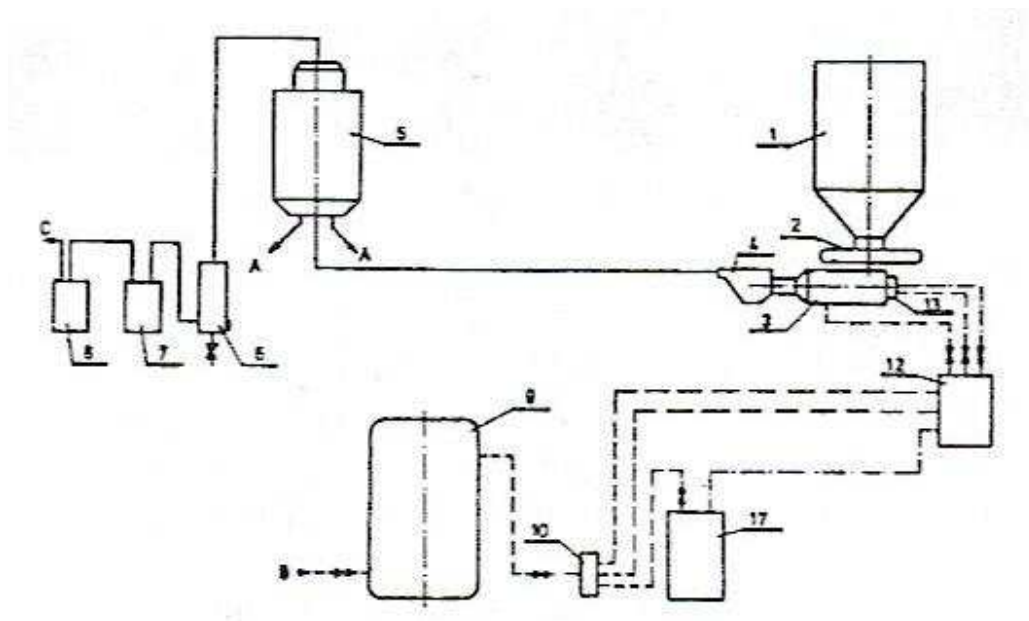
Příklady sušících pecí:

**Vertikální sušicí pec** – písek propadá samospádem přes otáčející se talíře. Postupně se propadá až do spodní části, kam se už ukládá vysušený. Vysušený písek padá do pneumatického komorového podavače, nebo do sběrné komory. Talíře jsou poháněny elektrickým pohonem s převodovkou. Převodovkou lze plynule řídit počet otáček talířů, tím i rychlost sušení písku.

**Bubnová sušicí pec**- má horizontálně položený buben otočně uložený pod úhlem asi 3°. Otáčením bubnu postupuje sušený písek od násypného otvoru k výsypce. Z výsypky pak padá do sběrné komory a pak do komorového podavače.

**Sušení písku vnosem** - tento způsob spočívá v sušení vlhkého písku v proudu horkého vzduchu. Přitom se písek dopravuje do úložné a výdejní jímky. Zařízení pracuje poloautomaticky.

Sušicí jednotka se skládá ze dvou komor a krytu. Zadní komora má šamotovou vyzdívku a tvoří spalovací komoru, která je opatřena krytem. Hořák (naftový nebo na zemní plyn) s jiskřištěm je umístěn v krytu.



1- zásobní nádrž suchého písku, 2-cyklon, 3- odsávací ventilátor, 4- odlučovač vlhkosti, 5- násypka mokrého písku, 6- pásový podavač, 7-sušicí jednotka, 8- spalovací komora, 9-ovládací panel, 10- vzdušník, 11- rozváděč tlakového vzduchu, 12- palivová nádrž, 13- odlučovač hrubých zrn, A- distribuce suchého písku na vozidla, B- přívod tlakového vzduchu do vzdušníku, C- odvod vzduchu

Obrázek použit ze [Škapa, 2004, s. 55]

Další zařízení, které je potřebné pro sušení písku, je pneumatický komorový podavač. Tlakem dopraví suchý písek na předem určené místo.

**Komorový podavač** – je tlaková nádoba ve tvaru hrušky, která má v horní části násypný otvor, do kterého je samospádem dopraven již vysušený písek. Uzávěr násypného otvoru je ovládán pneumatickým válcem. Komorový podavač je umístěn na tenzometrických vahách, které mu podají informaci o dosažené hmotnosti suchého písku a poté dojde k uzavření násypného otvoru. Nastane provzdušnění a vyprazdňování podavače. Pak se tlakový vzduch natlakuje na požadovanou hodnotu, otevře se výpustný ventil a suchý písek se směsí vzduchu odchází dopravním potrubím. Po vyprázdnění dochází k poklesu tlaku v podavači, uzavře se výpustný ventil a podavač se odvzdušní. Při dalším cyklu se postup opakuje.

Nové typy pneumatických komorových podavačů již tenzometrické váhy nemají. Indikátory potřebných hodnot tlaků jsou řízeny elektronikou. Komorový podavač pracuje cyklicky – v každém cyklu proběhne fáze plnění, tlakování, dopravy a odvzdušnění komory. Komorové podavače se mohou sestavovat do dvojic nebo trojic (pro zvýšení dopravní výkonnosti). Potom jsou řízeny společným řídicím systémem. Ale vyžadují náročné ovládání a zvyšují opotřebení dopravního potrubí (při expanzi stlačeného vzduchu s materiálem při odvzdušňování komory). Tím také zvyšují nároky na výkon odprašovacího zařízení.

Nový typ pneumatického komorového podavače PKRH 1 je uveden v příloze Obr. č. 1. Komorový podavač je vyráběn ve 3 provedeních o velikostech 1,2 m<sup>3</sup>, 3,15 m<sup>3</sup>, 7,85 m<sup>3</sup>. Konstrukční provedení podavače může být pravé a levé (dle polohy přepouštěcího ventilu).

Pracovníci, kteří obsluhují pneumatický komorový podavač, by měli být proškoleni pro obsluhu tlakového zařízení.

**Zásobníky suchého písku** – novější typy zásobníků (např. Zásobník Z3 společnosti Rayman spol. s r. o. Kladno, uveden v příloze Obr. č. 2) mají celkový obsah asi 3 m<sup>3</sup>. Je to vlastně stojatá válcová nádoba s uzavřeným kuželovým víkem a dnem s provzdušňovacím zařízením a vypouštěcím hrdlem. Písek vstupuje do zásobníku plnicím hrdlem a pneumaticky se uskládňuje do připravených kontejnerů.



## 2.2 Analýza současného trendu

V současné době existují 2 způsoby řešení pískového hospodářství.

1. způsob je vlastní sušení písku a přeprava suchého písku do okolních (vzdálených) provozních jednotek (PJ).
2. způsob je nákup písku již vysušeného a jeho následná přeprava do okolních PJ.

U obou způsobů však požadujeme technické řešení výdejny suchého písku a vlastní výdejní zařízení suchého písku.

Vlastní sušení písku je velmi časově a energeticky náročné, proto větší perspektivu z hlediska minimalizace nákladů má již zmiňovaný druhý způsob řešení.

Výhradní dodavatel suchého písku je společnost Provodínské písky a.s. Suchý písek se zapískovacím zařízením s pneumatickým dopravním systémem dopraví do zásobního sila (zásobníku).

Zařízení pro automatické a bezprašné plnění písku pro brzdění kolejových vozidel vyrábí a dodává více českých a zahraničních firem.

Na českém trhu se můžeme setkat například se zapískovacím zařízením od české firmy Rayman Kladno s.r.o., která dodává komponenty pro vysokotlakou pneumatickou dopravu. Ze zahraničních firem je nejznámějším výrobcem a dodavatelem těchto zařízení německá firma KLEIN Anlagenbau, AG (zástupce nízkotlaké pneumatické dopravy). Tuto firmu v České republice zastupuje společnost KRUH Praha a.s.

V České republice bylo v roce 2000 instalováno zapískovací zařízení německé společnosti KLEIN Anlagenbau AG v Dopravním podniku a. s. Praha ve vozovně tramvají v Motole. Stejně zařízení je umístěno také v DKV Praha. Škapa, P.: *Osobní sdělení*. VŠB-TU Ostrava, Šumperk. [cit. 2009-01-19]

V současné době budou tato zapískovací zařízení technicky a konstrukčně řešena i v dalších dopravních podnicích.

### **2.3 Rozvoz suchého písku na jednotlivá pracoviště**

Dovoz a balení písku se zajišťuje podle roční spotřeby suchého písku.

Vlhký písek ze společnosti Provodínské písky a.s. se dodává volně ložený (nakládka na nákladní automobily nebo vozy). Sušený písek se může dodávat volně ložený nebo jednotlivě balený.

Balení suchého písku:

Písek se obvykle balí do papírových pytlů o velikosti 50 kg (20 ks) nebo 25 kg (40 ks). Dalším typem balení písku jsou plastové kontejnery o velikosti 800 kg. Doprava se provádí nákladními vozy nebo nákladními automobily.

V DKV se následně suchý písek dopraví pneumatickým dopravním systémem do zásobního sila (zásobníku). Poté je samospádem umístěn do kontejnerů, naložen na nákladní vozidlo a odvezen do PJ (PP).

Hodnoty jsou převzaty z URL: <<http://www.pisky.cz/index1.htm>> [cit. 2009-03-05]

## **2.4 Silné a slabé stránky stávajícího způsobu řešení pískového hospodářství a srovnání se současným trendem řešení této problematiky**

Vlastní sušení písku je v současnosti ekonomickým a energetickým problémem v dopravních organizacích. Jeho konstrukční náročnost se setkává s návrhy a s postupy, jak tyto problémy (nejen ekonomické a energetické) eliminovat, nebo je úplně vytěsnit.

### **Silné stránky:**

- dlouholetá tradice, vhodná jen pro DKV s velkou roční spotřebou písku (v rozmezí 100-120 tun písku ročně)
- sušeným pískem se zásobují ostatní dopravní organizace či přidružené PJ nebo PP
- suší se jen takové množství písku, které se spotřebuje (usušený písek se dlouhodobě neuskładňuje a nenavlhá)

### **Slabé stránky:**

- potřeba skládky mokrého písku a úložiště odpadu
- potřeba odsávacího zařízení při sušení, protože prach z křemičitého písku je karcinogenní
- bezpečnost obsluhy při provozu sušicí pece – povinnost ochrany zdraví při práci (rouška přes ústa)
- sušárna písku je velmi stavebně, ekonomicky a hygienicky náročný objekt
- dovoz mokrého křemičitého písku se provádí 1 x ročně (v letním období)
- sušicí zařízení je stacionární technologický zdroj znečišťování ovzduší podle Zákona č. 86/2002 Sb. ochrana ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) v platném znění. Tím vyplývá pro provozovatele povinnost platit poplatky ze sušicího zařízení.
- skladování suchého písku v suchých prostorech nepropouštějících vlhkost

- poruchové zařízení – děravé, ucpané nebo zamrzlé potrubí, stálé opravy sušící pece (každodenní opravy)

Srovnáním silných a slabých stránek docházím k názoru, že modernizace zapískovacího zařízení je pro provoz DKV již nezbytná. Stáří sušících pecí je cca 50 let, zařízení je velmi poruchové a nevyhovující hygienickým požadavkům.

Zlepší se pracovní a sociální podmínky:

Zařízení bude pracovat bezprašně. V současné době musí obsluha dodržovat ochranu dýchacího ústrojí (například rouškou přes ústa).

Zmodernizováním stávajícího způsobu se minimalizují nároky na práci ve výškách, odpadnou ruční či mechanické práce s cca tunami vlhkého písku ročně.

### **3. NÁVRH ŘEŠENÍ PÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ S MINIMALIZACÍ NÁKLADŮ NA ZÍSKÁNÍ SUCHÉHO PÍSKU A SE ZVÝŠENOU OCHRANOU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ PŘI NAKLÁDÁNÍ S PÍSKEM**

V této kapitole se budu věnovat návrhu řešení na minimalizaci energetické náročnosti, návrhu na snížení prašnosti, dále ochraně životního prostředí podle Zákona č.86/2002 Sb. ochrana ovzduší a změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší) v platném znění.

#### **3.1 Návrh řešení na minimalizaci energetické náročnosti při nakládání s pískem**

Při dovozu vlhkého písku musíme brát u úvahy velikost plochy, kterou budeme potřebovat na jeho uskladnění. V závislosti na ploše (například venkovní jímka), musíme zajistit vykládku z nákladních železničních vozů zvedacím zařízením. Práce, kterou musí zařízení s drapákem vyvinout, se promítne do energetické náročnosti (drapák Kinshofer šířka čelistí 50 cm, objem cca 250 l, hmotnost drapáku 200 kg ). Hmotnost celého nákladu při vykládce je spočítáno z následujících hodnot: hustota písku  $1500 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rightarrow m = V \cdot \rho = 1,5 \cdot 250 = 375 \text{ kg}$ . Součtem hmotností drapáku a vypočítaného objemu písku vyjde celková hmotnost nákladu 2337 kg. Výkon motoru je  $P = 120 \text{ kW}$ . Vzdálenost, kterou drapák musí překonat, aby přepravil vlhký písek z venkovní jímky do zastřešené skládky, je asi 105 m.

Navrátil. J.: *Osobní sdělení*. DKV Olomouc, Olomouc. [cit. 2009-02-19].

Dovezený vlhký písek má obsah vody asi 10 %, při sušení je nutno odpařit 9,5 % vody. V závislosti na vlhkosti písku se hodnota měrné spotřeby tepla na odpaření vody pohybuje v rozmezí  $3\,560 - 5\,233 \text{ kg} \cdot \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Při sušení na požadovanou vlhkost 0,5 %, je potřeba pro hmotnost 1 tuny písku teplo  $Q = 373\,800 - 549\,465 \text{ kJ}$ . Uvedené hodnoty byly použity ze [Škapa, 2004, s.13]. Už z těchto čísel je patrná nutnost změny stávajícího způsobu řešení.

Z následného sušení křemičitého písku vzniká odpad, se kterým je nutno nakládat opatrně. Uchovává se v kontejnerech a vztahuje se na něj odpadové hospodářství dopravní organizace.

Jak jsem již uvedla, sušení písku je energeticky náročné (musíme platit za elektrickou energii, za použité topicí medium - uhlí nebo dřevo atd.) Při sušení písku je zde nutnost trvalé obsluhy sušicího zařízení (plat zaměstnanec).

Při přechodu dopravního podniku ze sušení písku na nákup již písku sušeného, jsou tyto jmenované věci zbytečné (nové zařízení je automatizované). Při nákupu suchého písku však bereme v úvahu dovoz v autocisternách. Tím se nám sice náklady na sušení sníží, ale za dovoz musíme zaplatit dodavateli písku. Hrubý odhad na fakturaci si spočítáme z kilometrické vzdálenosti, cenou nafty v Kč/l, a z fiktivní spotřeby auta.

Příklad: Vzdálenost je 472 km. (kilometrická vzdálenost Provodín, Ostrava). Spotřeba autocisterny je zhruba 30 l/100km  $\rightarrow 4,72 \cdot 30 = 141,6$  l spotřebované nafty. Násobíme cenou motorové nafty, která činí 25 Kč. Po vynásobení se dostaneme k výsledku 3 537,5 Kč (doprava je do určeného místa, zpět ne).

Uvedené hodnoty jsem získala z:

URL <<http://www.petroleum.cz/vyrobky/nafta.aspx>> [cit. 2009-05-20]

### **3.2 Návrh řešení na snížení prašnosti při nakládání se suchým křemičitým pískem**

Jak jsem již dříve napsala, existuje více výrobců a dodavatelů zapískovacích zařízení. Vyrábí stacionární a mobilní plnicí zařízení. Jejich společným znakem jsou zařízení, která fungují na principu pneumatického dopravního systému. Při návrhu řešení na snížení prašnosti se pneumatický dopravní systém jeví jako nejlepší volba.

#### **3.2.1 Rozdělení pneumatické dopravy:**

Zařízení pneumatické dopravy se dělí podle fyzikálního principu na více druhů. Nejznámější jsou:

1. fluidní pneumatická přeprava
2. pneumatická přeprava speciální
3. pneumatická přeprava ve vlnosku

1. Do skupiny fluidní pneumatické přepravy patří horizontální pneumatická doprava pneumatickými dopravními žlaby nebo fluidními dopravníky, provzdušňovací zařízení sil a další zařízení.

Horizontální pneumatická doprava využívá snížení třecích sil mezi částicemi materiálu při jeho uvedení do fluidního stavu. Fluidního stavu se dosáhne tak, že se do materiálu přivede vzduch porézní přepážkou s optimální prodyšností. Práškový materiál se ve fluidním stavu podobá tekutině. Stéká ve vrstvě (její tloušťka a rychlost závisí na fyzikálních vlastnostech materiálu). Je závislá i na přepážce (na sklonu a na průtoku dopravního vzduchu).

Fluidní dopravníky pracují na stejném principu. Jejich provzdušňovací přepážka je rozdělena na úseky. Do každého úseku se přivádí dopravní vzduch s parametry pro správnou funkci dopravníku. Dopravníky mohou být v celém průřezu zaplněny materiálem. Rychlost se pohybuje kolem  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (závisí na fyzikálních vlastnostech dopravovaného materiálu, na sklonu dopravníku a na tlaku materiálu při vstupu).

Výhodou je menší množství dopravního vzduchu a tím nižší nároky na odprašující zařízení.

2. Pneumatická doprava speciální se dnes již moc nevyužívá. Nejznámějším případem byla potrubní pošta. S rozvojem přenosu dat však ztratila význam. Dnes bychom se se speciální dopravou setkali v hutích, kde se využívá pro dopravu vzorků, pro dopravu kusových předmětů nebo pro dopravu těles na vzduchovém polštáři.

Doprava práškových nebo zrnitých materiálů v zátkách. Materiál je dopravním vzduchem rozdělen v potrubí na krátké zátky, které postupují malou rychlostí.

### 3. Pneumatická doprava ve vlnosku

Dopravním potrubím proudí směs materiálu s dopravním vzduchem. Podle tlaku zdroje, který je nutný pro překonání odporu dopravního potrubí, se dělí na nízkotlakou, středotlakou nebo vysokotlakou dopravu.

Zdroje podle rozdělení:

1. pro nízkotlakou dopravu je použit vysokotlaký ventilátor
2. pro středotlakou je dmychadlo
3. pro vysokotlakou kompresor

Pneumatické podavače

1. nízkotlaká – rotační a proudové směšovače
2. středotlaká – rotační a průtokové podavače
3. vysokotlaké – šnekové a komorové podavače

#### 1. nízkotlaká doprava – přetlak dopravního vzduchu do 15 kPa

K dopravě se využívají ejektorové podavače. Používá se pro dopravu malého množství materiálu s nízkým směšovacím poměrem. Využití má hlavně ve dřevozpracujícím průmyslu. Nízkotlaké systémy pracují kontinuálně.

#### 2. středotlaká doprava – přetlak dopravního vzduchu od 15 do 100 kPa

Doprava probíhá kontinuálně oběma druhy podavačů. Rotační podavače jsou vhodné pro dopravu menšího množství neabrazivních materiálů na kratší vzdálenosti. Překonávají menší tlakové spády mezi dopravním potrubím a okolím. Průtokové podavače jsou vhodné pro malé, střední i velké



výkonnosti, pro různé druhy materiálů a pro velké dopravní vzdálenosti. Jsou odolné proti opotřebení – nemají pohyblivé části, které přicházejí do styku s materiálem. Skládají se ze směšovače a z gravitační komory. Vzhledem k využití polohové energie dopravovaného materiálu je tato doprava energeticky úsporná.

### 3. vysokotlaká doprava – přetlak vzduchu od 0,1 do 1 MPa

Používají se komorové podavače. Podrobnější princip pneumatického komorového podavače je vysvětlen v kapitole 2.1 na str. 16.

Tímto rozdělením je patrné, že nejvhodnějším pneumatickým systémem pro zapískovací zařízení bude pneumatická vysokotlaká doprava vnosem. Avšak její nevýhodou je četnost poruch kolen potrubí. Písek, jako abrazivní materiál, obrušuje potrubí právě v obloucích. Proto výhodou, která u nízkotlaké pneumatické dopravy není zanedbatelná, jsou menší investiční náklady na údržbu potrubí a ostatních namáhaných částí zařízení.

Obecně pneumatická doprava zajišťuje manipulaci s pískem s dodržováním všech předepsaných hygienických, bezpečnostních a provozních předpisů.

#### 3.2.2 Stacionární plnicí zařízení

Na principu vysokotlaké pneumatické dopravy vnosem pracuje stacionární plnicí zařízení. Jeho princip je podrobněji vysvětlen v následující podkapitole. Jako příklad je popisováno stacionární zařízení vyráběné firmou KLEIN Anlagenbau AG.

Stacionární plnicí zařízení se skládá z těchto částí:

1. část skladovací (silo) Obr. č. 3
2. část transportní (pneumatický komorový podavač)
3. část plnicí (plnicí stanice) Obr.č. 4 Plnicí hadice s pistolemi Obr. č. 5
4. část potrubních rozvodů
5. část řídicí (včetně silnoproudé, slaboproudé elektroinstalace a zdroje tlakového vzduchu) Obr.č. 6

Způsob provozu stacionárního plnicího zařízení:

Suchý a vytríděný písek přichází samospádem do pneumatického podavače, který je umístěn pod zásobníkem (silem). Pak se písek dopravním potrubím pomocí stlačeného vzduchu dopraví do pískovacích stanic. Tyto stanice jsou umístěny podél výzbrojní koleje na stojanech, nebo zavěšeny v hale na stropní konstrukci (stacionární plnicí zařízení). Jejich obsah činí asi 100 l.

Plnicí hadice, na kterých jsou umístěny plnicí pistole, jsou právě na těchto pískovacích stanicích zavěšeny na balancerech.

To tedy znamená, že obsluhující personál pouze sejme plnicí hadici a zasune ji do otvoru písečníku na hnacím vozidle. Automaticky je započato plnění písku. Jakmile je zásobník naplněn, pistole se sama vypne.

Tento způsob je vhodný pro hnací vozidla nebo tramvaje, která jsou zbrojena z boku. Existují kolejová vozidla, která jsou konstrukčně upravená pro zbrojení shora. Mezi tato vozidla patří elektrické a dieselelektrické lokomotivy. Jejich plnění se provádí z plošiny umístěné nad hnacím vozidlem.

Skladování sušeného písku u stacionárního plnicího zařízení:

Při nákupu sušeného písku nejsou potřeba pro jeho skladování velké plochy. Je to dáno tím, že suchý písek se pneumatickým komorovým podavačem dopraví do pískovacích stanic a z nich pak do písečníků umístěných na hnacích vozidlech. Pískovací stanice mají zaručenou vzduchotěsnost, takže sušený písek nebude navlhat. Nejsou tedy třeba žádné speciální kontejnery nebo pytle s pískem.

Uvedené stacionární zařízení je možné použít pro venkovní prostředí i haly.

### 3.2.3 Způsob bezprašného provozu:

Pískovací stanice jsou opatřeny plnicími hadicemi s pistolemi. Plnicí hadice mají ventily, které zaručují, že se písek nebude po uzavření vysypávat.

Plnicí pistole jsou vybaveny odprašovací přípojkou pro odsávání prachu. Ta je konstruována tak, že odsává pouze prach a ne písek. V okamžiku započetí plnění písku nastává automatické odsávání prachu. Pomocí injektorového systému se prach odvádí do centrálního filtru. (příklad: Průmyslový odsavač POC je uveden v příloze obr. č. 7)

Zařízení pracuje bezprašně a zdraví obsluhujícího personálu je bezpečně chráněno před prachem z křemičitého písku.

### **3.3 Návrh řešení na snížení nákladů na modernizaci pískového hospodářství**

V současné době by bylo nejvhodnější, aby velké dopravní podniky, které si ještě stále brzdny křemičitý písek upravují samy, pomalu přešly na ekonomicky efektivnější a technicky nenáročný způsob.

Uvedený způsob spočívá v návrhu nového stacionárního zařízení. Je to investičně náročná stavba, která by se zejména menším dopravním podnikům nemusela vyplatit.

V malých dopravních podnicích může být toto zařízení nahrazeno mobilními plnicími jednotkami. Odpadne tím realizace projektu na výstavbu stacionárního zařízení, jehož cena se pohybuje řádově v milionech Kč.

#### **3.3.1 Mobilní plnicí zařízení**

Na začátku práce jsem uvedla názvy firem, které zapískovací zařízení vyrábí, dodávají a montují. Uvedu zde jen pár příkladů mobilních jednotek, které vyrábí německá firma KLEIN Anlagenbau AG. Popíši výhody a technické parametry zařízení. Obrázky některých typů mobilních plnicích zařízení jsou uvedeny v příloze.

Mobilní plnicí zařízení se vyrábí se samostatným pohonem nebo bez něj. Je vybaveno vlastním zásobníkem písku, kompresorkem a filtrem pro odsátý prach. Obsluha zařízení je velmi jednoduchá. Mobilní jednotka přijede ke kolejovému vozidlu, a pomocí stlačeného vzduchu z kompresorku jej plnicí hadicí naplní úplně stejně jako stacionární zařízení. Automaticky po dosažení hladiny v písečníku hnacího vozidla se plnění ukončí.

Samozřejmě při terénních problémech, kdy by bylo obtížné se ke kolejovému vozidlu dostat, nepoužijeme mobilní zařízení s pohonem, ale existuje typ Sherpa (ruční plnicí zařízení). Jeho výhodou je nízká hmotnost a variabilnost oproti ostatním typům.

Skladování sušeného písku u mobilních plnicích jednotek:

Sušený písek se přiveze v nákladním autě ve volně ložených pytlích. Potom se ale musí skladovat v suchých prostorech, které nepropouštějí vlhkost (aby nedošlo k navlhání písku). Písek může být uskladněn také ve speciálních vyprazdňovacích pytlích big-bag (obr. č. 8), ze kterých se jednoduše

dopraví do mobilní plnicí jednotky a ta je hned připravena ke zbrojení hnacích vozidel. Samozřejmě může být plněna přímo ze zásobního sila.

Podle nejnovějších zpráv vyrábí firma KLEIN Anlagenbau AG 7 typů mobilních plnicích zařízení.

- SANDFLOH typ 100 (obr. č. 9)
- SANDFLOH typ 200 – A s mravencem (obr. č. 10)
- SANDFLOH typ 200E (obr.č. 11)
- SANDFLOH typ 200-4 (obr.č. 12)
- SANDFLOH typ 500-4
- Typ kleinSAND.sherpa (obr. č. 13)

Obecně technická data uvedených zařízení:

- mobilní jednotky jsou nezávislé na vnějším připojení tlakového vzduchu a elektřiny během plnicího procesu
- mají jednoduché ovládání, malé rozměry a nízkou hmotnost
- způsoby plnění: ze zásobního sila, z pytlů s pískem nebo ze speciálních vyprazdňovacích pytlů big-bag
- integrované odsávání prachu
- plnicí výkon písku: 10 l/ min
- patentovaná plnicí hadice s plnicí pistolí
- má vlastní ovládání tlakovým vzduchem a elektrickým proudem
- všechny typy mají shodnou barvu: RAL 1028 melounově žlutou
- řídicí a ovládací prvky pro elektrický a pneumatický okruh jsou skryté

Rozměry, podrobné parametry a jiné informace, potřebné pro provoz mobilních jednotek, jsou uvedeny na internetu URL<<http://www.klein-ag.de>> [cit. 2008-12-15]

#### 4. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ NÁVRHU MODERNIZACE PÍSKOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ

Ekonomické vyhodnocení je důležité především pro ty dopravní podniky, které přecházejí ze svého současného způsobu přípravy brzdného písku na modernější.

Dopravní podniky s roční spotřebou brzdného písku v rozmezí 100 – 120 tun, by měly uvažovat o rekonstrukci stávajícího nevyhovujícího zapískovacího zařízení. Investiční nároky na rekonstrukci, nebo na celkovou novou výstavbu stacionárního zapískovacího zařízení jsou tvrdým zásahem do ekonomiky podniku. Nemám na mysli jen nákladné komponenty zařízení, ale i stavebně technické úpravy. Ty jsou pro realizaci nového zapískovacího zařízení nezbytné. Do ceny zařízení se počítá zpracování kompletní projektové dokumentace, jeho realizace, případná demontáž a likvidace stávajících nevyhovujících a nepotřebných prostor, konstrukcí a zařízení. Očekávaná návratnost na realizaci stacionárního zapískovacího zařízení se pohybuje v horizontu desítek let.

Nákladná investice se netýká dopravních podniků s nižší roční spotřebou písku a PJ, do kterých se křemičitý písek pouze dováží v pytlích nebo kontejnerech. Proto z důvodů snížení nákladů navrhuji nákup mobilních plnicích zařízení (mobilních jednotek) od firmy KLEIN Anlagenbau AG. Jejich pořizovací cena je samozřejmě ve srovnání s investicí do stacionárního zařízení zanedbatelná.

Příklad ceny mobilní plnicích zařízení :

SANDFLOH typ 100 (objem 100litrů)	€	27.650,--
SANDFLOH typ 200 (objem 200litrů)	€	57.711,--

Pořizovací ceny jsou uvedeny v €, abychom si udělali představu, kolik bychom zaplatili v Kč, použiji pro přepočet měny kurz URL <<http://www.cnb.cz>> [cit. 2009-05-20] 1€ = 26,69 Kč. Po vynásobení nám vyjdou tyto pořizovací ceny:

SANDFLOH typ 100	737 978,5 Kč
SANDFLOH typ 200	1 540 306,56 Kč

Z uvedených cen lze usoudit, že můj předpoklad se potvrdil. Pro dopravní podniky s nižší roční spotřebou písku mohou doporučit nákup těchto mobilních jednotek.

Uvedené ceny jsou pouze za jednotlivé komponenty, které je nutno nainstalovat do technologického systému, zajistit jejich oživení – montáž specializovaným pracovníkem.

Pneumatický komorový podavač T 354//80	€.	16.260,--
Pískovací stanice komplet s hadicí a pistolí	€	13.085,--
Průmyslový odsavač POC	Kč	85.000,--
Ovládací elektro skříň	€	26.115,--

Ceny mi poskytla firma KRUH Praha a.s (dodavatel technologií od fy KLEIN Anlagenbau AG.)

Prejsa, V.: *Osobní sdělení*. <prejsa.v@kruhpraha.cz>[cit. 2009-05-20]

Požizovací cena na rekonstrukci nebo na výstavbu nového zapískovacího zařízení se pohybuje v milionech korun (podle uvedených hodnot je cena za komponenty 1 565 227,4 Kč). V ceně nejsou zahrnuty stavební úpravy atd., proto se uvedená cena může zvýšit. Zde se zohledňuje také fakt, zda se jedná o vysokotlakou nebo nízkotlakou pneumatickou dopravu. Firma KLEIN Anlagenbau AG se vyznačuje jako největší zahraniční dodavatel pneumatických systémů zejména plnicích zařízení pro kolejová vozidla. Upřednostňují systém nízkotlaké pneumatické dopravy, kdy pořizovací cena se může zdát vyšší než u systémů vysokotlaké pneumatické dopravy. Vysokotlaká doprava je svým konstrukčním řešením náchylná na opotřebovávání dílů, které se dostávají do styku s abrazivním materiálem.

Proto důvodem pořízení nízkotlaké pneumatické dopravy jsou minimální náklady na opravy a případnou údržbu namáhaných částí.

## ZÁVĚR

Zadáním bakalářské práce bylo navrhnout modernizaci pískového hospodářství v dopravní organizaci. Nejdříve jsem zanalyzovala a porovnála způsoby přípravy brzdného křemičitého písku. Na základě jejich zhodnocení jsem navrhla způsob, který vede ke zcela bezprašnému a automatickému provozu při pískování hnacích kolejových vozidel. Tím jsem zamezila znečišťování životního prostředí podle Zákona č.86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů.

Systém vysokotlaké nebo nízkotlaké dopravy odstraňuje namáhavou, nákladnou a prašnou manipulaci s brzdým pískem. Zlepší se tím sociální a pracovní podmínky (přednostně kladené na hygienu a bezpečnost práce) zaměstnanců. Nespornou výhodou je i fakt, že čas na naplnění písečníků na kolejových vozidlech se zkracuje.

Uvedený způsob je vhodný pro všechny typy kolejových vozidel (hnací vozidla, tramvaje).

Jelikož mnou popisované stacionární plnicí zařízení je investičně nákladné a tím není vhodné pro dopravní podniky s nízkou roční spotřebou písku, rozhodla jsem se vytvořit návrh na snížení pořizovací ceny. Použiji v dopravní organizaci mobilní plnicí jednotky od německé společnosti KLEIN Anlagenbau AG.

Zadání bakalářské práce jsem podle svého názoru dodržela a požadované cíle splnila.



## SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ:

Firemní literatura firmy Klein Anlagenbau AG

URL: <<http://www.klein-ag.de>> [cit. 2008-12-15].

Firemní literatura firmy Kruh Praha a.s.

Firemní literatura firmy Rayman spol. s r. o.

URL: <<http://www.rayman.cz>> [cit. 2009-02-19].

Firemní literatura společnosti Provodínské písky a. s.

URL: <<http://www.pisky.cz/index1.htm>> [cit. 2009-03-05].

Navrátil, J.: *Osobní sdělení*. DKV Olomouc, Olomouc. [cit. 2009-02-19].

Stránky České národní banky URL <<http://www.cnb.cz/>> [cit. 2009-05-20].

Škapa, P.: *Doprava a životní prostředí I*. Ostrava, VŠB-TU 2003, ISBN 80-248-0433-6.

Škapa, P.: *Osobní sdělení*. VŠB-TU Ostrava, Šumperk. [cit. 2009-01-19].

Škapa, P.: *Provoz dep II*. Ostrava, VŠB-TU 2004, ISBN 80-248-0670-3.

URL <<http://www.cnb.cz>> [cit. 2009-05-20].

URL <<http://www.petroleum.cz/vyroby/nafta.aspx>> [cit. 2009-05-20].

Prejsa, V.: *Osobní sdělení*. <[prejsa.v@kruhpraha.cz](mailto:prejsa.v@kruhpraha.cz)> [cit. 2009-05-20].

Zákon č.86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů.